

Efecto del tratamiento hidrotérmico en la conservación poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. 'Nabateo' en estado de madurez pintón 10-30 % de coloración (grupo 2-3)

Effects of the hot water treatment of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits cv. Nabateo in post harvest conservation at breaking stage

Américo Guevara P.¹; Miriam E. Ramos R.²

Resumen

Se evaluó el efecto del tratamiento hidrotérmico a 40, 45, 50 °C por 2, 3, 4 minutos en la conservación poscosecha del tomate cv. 'Nabateo' y un testigo, en el estado de madurez pintón 10-30 % de coloración (Grupo 2-3), almacenados a 8±0,5 °C y 90 % H.R. Se valoraron cada siete días los siguientes atributos de calidad: pérdida de peso (%), color, textura, pH y sólidos solubles; destacaron los tratamientos de 45 °C por tres minutos (T5) y 45 °C por cuatro minutos (T6). El tratamiento T5 presentó las mejores características de apariencia general, apreciación interna, sabor y mayor textura, 597,17 g_f. Los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento hidrotérmico reduce la actividad de poligalacturonasa, prolongando la vida útil del tomate hasta 35 días. La evaluación fisicoquímica en el mejor tratamiento, encontró lo siguiente: color a*/b* 1,04; textura 597,17g_f; licopeno 31,38 mg/kg; vitamina C 16,71 mg/100g, actividad de poligalacturonasa 0,236 μmol/min x g de tejido fresco, pH 4,21, °Brix 5,50, energía total 25,94 kcal/100g, azúcares totales 3,43g/100g de muestra, azúcares reductores 2,86g/100g muestra y como análisis proximal en g/100g de muestra: carbohidratos 5,06, fibra 1,16, proteína 1,11, grasa 0,12, cenizas 0,69, materia seca 7,02 y humedad 92,98.

Palabras clave: climatérico; licopeno; poligalacturonasa; poscosecha; textura.

Abstract

Hot water treatments (40, 45, and 50 °C for 2, 3, 4 min plus a check) on tomato fruits at the breaking stage were evaluated. After heat treatments fruits were stored at 8 ±0,5 °C and 90% R.H. Fruits were evaluated every seven days in the following characteristics: weight loss (%), color, texture, pH and soluble solids (%). Best treatment were done at 45 °C for 3 min (T5) and 45 °C for 4 min (T6). T5 showed the best general appearance, internal characteristics, flavor and highest texture with 597 g_f. Results showed that polygalacturonase activity decreased improving tomato fruit shelf life for 35 days. Physicochemical evaluation for the best treatment showed: color a*/b* 1,04, texture 597,17 g_f, 31,38 mg/kg of lycopene, 16,71 mg/100 g Vitamine C, polygalacturonase activity 0,236 μmol/min x g fresh tissue, pH 4,21, °Brix 5,50, total energy 25,94 kcal/100 g, total sugars 3,43g/100 g per sample, reducing sugars 2,86g/100g of sample and proximal analysis in g/100g of sample: 5,06 carbohydrates, 1,16 fiber, 1,11 protein, 0,12 fat, 0,69 ashes, 7,02 dry matter and 92,98 moisture.

Keywords: climacteric; lycopene; polygalacturonase; pos harvest; texture.

1. Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) hortaliza de gran importancia en el consumo humano, se cultiva en un amplio rango de latitudes, desde la línea ecuatorial hasta casi el círculo polar. Los frutos se destinan tanto al consumo en fresco como a la industria procesadora. Es una fuente interesante de fibra (0,50 %), potasio (0,25 %), vitaminas C (0,02 %) en función al peso fresco, vitamina E, provitamina A y vitaminas del grupo B (Nuez, 1995); presenta un alto contenido en carotenos como el licopeno (30 mg/kg), pigmento natural que otorga al tomate su color rojo característico y es de interés para la salud del consumidor (Ordóñez *et al.*, 2009). Por las cualidades expuestas, su demanda en los últimos años, ha superado el promedio anual de producción en 86 millones de toneladas a nivel mundial; en el Perú, durante el 2010, se tuvo una producción de 224,897 t/año (Ministerio de Agricultura, 2011).

El tomate es un fruto climatérico y tiene una corta vida útil poscosecha, por lo que está expuesto a cambios continuos después de ser cosechado, originando pérdidas entre 5 y 25 % en países industrializados y 20 a 50 % en países en desarrollo, por tanto se hace necesario aplicar tecnologías apropiadas para su conservación (Artés y Artés, 2004). Desde esta perspectiva, la tecnología de alimentos debe buscar nuevas formas y métodos para prolongar el tiempo de vida útil; una de estas es el tratamiento hidrotérmico (Lurie, 1998), de mucho interés para el consumidor, debido a que no incluye productos químicos en el proceso y permite retardar la maduración, el control de enfermedades, evitar daños por frío, todo lo cual, en conjunto, prolonga el tiempo de vida útil del vegetal, además de cumplir con normas cuarentenarias en el comercio mundial. Por las consideraciones expuestas se decidió llevar a cabo el trabajo de investigación planteando los siguientes objetivos: determinar la influencia del tratamiento

1 Profesor principal de la Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
Email: aguevara@lamolina.edu.pe.

2 Docente de la E.A.P. Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.

hidrotérmico en la textura durante su conservación en refrigeración y caracterizar los tomates provenientes del mejor tratamiento.

2. Materiales y métodos

Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental Donoso Huaral del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)-Ministerio de Agricultura y en los Laboratorios de Físicoquímica, Instrumentación y Biotecnología de la Facultad de Industrias Alimentarias y el Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias, instalaciones pertenecientes a la Universidad Nacional Agraria La Molina, durante los meses de noviembre del 2008 a enero del 2011.

Materia prima

Se utilizaron tomates (*Solanum lycopersicum* L.) del cultivar 'Nabateo', recién cosechados, cultivados en el distrito Carquín Alto, provincia de Huaral, departamento de Lima en el estado de madurez: pintón 10-30 % de coloración (Grupo 2-3), clasificación establecida por ITINTEC 011.115 (1977).

Métodos de análisis

Análisis físicoquímicos

- Color externo: Se siguieron las recomendaciones de Casas (2007), Navarro (2005), Yang y Chinnan (1988), citados por Batu (2003) e ITINTEC 011.115 (1977).
- Gravedad específica: Según el método de Jagtiani *et al.* (1987), citados por Durand (2002).
- Longitud y diámetro ecuatorial: Método sugerido por Casas (2007).
- Análisis proximal, pH y sólidos solubles: Método AOAC (Asociación de las comunidades analíticas, 1997).
- Determinación de azúcares reductores: Según Miller (1959).
- Azúcares totales: Según Ranganna (1979).
- Pérdida de peso: Se determinó hallando la diferencia entre el peso inicial y el peso hallado en cada fecha de evaluación; método sugerido por Durand (2002) e INDECOPI (2009).
- Textura: Se utilizó un texturómetro marca QTS *Texture Analyzer*, con una sonda metálica de 2,71 mm de diámetro, a una velocidad de penetración de 120 mm/min y una distancia de penetración de 20 mm teniendo en cuenta las recomendaciones de Márquez *et al.* (2007), Sozzi *et al.* (1999) citados por Bombelli y Wright (2006).
- Licopeno: Se determinó según lo establecido por Fish *et al.* (2002), citados por Henríquez, González y Krarup (2005).
- Vitamina C: Según el método de Al-Ani, Opara, Al-Bahri y Al-Rahbi (2007).

Análisis bioquímico

Actividad de Poligalacturonasa: Se efectuó en el mejor tratamiento hidrotérmico, siguiendo las recomendaciones de Navarro (2005) y Campos (1993) citados por Viguria (2002).

Análisis estadístico

Los resultados de pérdida de peso, color, textura, pH y sólidos solubles (por triplicado y un tratamiento testigo)

fueron procesados estadísticamente en dos etapas: en la primera se evaluaron los 10 tratamientos (temperatura, tiempo y testigo) seleccionando a los que destacaron, los cuales fueron evaluados en una segunda etapa a fin de encontrar el mejor tratamiento. La prueba estadística que se utilizó fue un diseño completamente al azar (DCA) y prueba de Tukey, con un nivel de significación de 0,05 % utilizando el paquete estadístico *Statgraphics Plus* versión 5.1.

Evaluación sensorial

Se llevó a cabo a los 35 días de almacenamiento con la finalidad de encontrar al mejor tratamiento, para lo cual se recurrió a un panel conformado por 10 jueces entrenados, quienes calificaron, mediante la Escala Likert de 5 puntos recomendada por Adasme *et al.* (2006), los parámetros de calidad, sensorial, apariencia general, apreciación interna y sabor (Anzaldúa-Morales, 1994), con el puntaje de 5 muy bueno a 1 muy malo.

Los valores obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante la prueba no paramétrica de Friedman ($\alpha=0,05$), recomendada por Montgomery (2004) y Sotomayor (2008).

Metodología experimental

En la Figura 1, se presenta el esquema experimental seguido en la investigación.

Materia prima

Se recibieron 200 kg de tomate en estado de madurez pintón, 10-30 % de coloración (Grupo 2-3), en los laboratorios de la Estación Experimental del INIA-Huaral, seguidamente fueron seleccionados, clasificados, lavados, desinfectados y sometidos a las siguientes determinaciones: gravedad específica, longitud, diámetro ecuatorial, análisis proximal, color, textura, sólidos solubles, pH y actividad de poligalacturonasa.

Tratamiento hidrotérmico

Los tomates fueron tratados en agua a 40, 45 y 50 °C por 2, 3 y 4 minutos cuyo objetivo fue determinar el efecto de la temperatura y tiempo en retardar la maduración sin alterar características organolépticas y físicoquímicas del tomate. La decisión del mejor tratamiento se hizo en la etapa de almacenamiento.

Almacenamiento

Los tomates, después de su tratamiento hidrotérmico fueron almacenados por 35 días a $8\pm 0,5$ °C y 90 % H.R., efectuando controles por triplicado a los 0, 7, 14, 21, 28 y 35 días de almacenamiento, evaluando la textura como indicativo para decidir el mejor tratamiento, considerando además otros controles como: pH, sólidos solubles, color y pérdida de peso. Los valores obtenidos fueron tabulados y evaluados estadísticamente.

Caracterización

Las muestras provenientes de los mejores tratamientos hidrotérmicos fueron sometidas a una evaluación sensorial. Las que obtuvieron una mayor aceptación fueron caracterizadas en: análisis proximal, azúcares reductores y totales, color, textura, sólidos solubles, pH, licopeno, vitamina C y actividad de la poligalacturonasa.

3. Resultados y discusión

Caracterización del tomate cultivar Nabateo

En la Tabla 1 se aprecian los resultados de los análisis físicoquímicos del tomate cultivar 'Nabateo', en el estado de madurez pintón, 10-30 % de coloración al momento de

recolección.

Se reportó un alto contenido de humedad, 93,30 % (b.h.) propio de frutas y hortalizas frescas, que coinciden con lo reportado por Salunkhe y Kadam (2004) y Collazos *et al.* (1996); en las otras características se dan algunas diferencias en comparación con lo indicado por Casas (2007); Muchuweti *et al.* (2005); Batu (2003); Aponte y Guadarrama (2003); Wills *et al.* (1999); Lurie (1998); Zambrano *et al.* (1996); Nuez (1995) y Yamaguchi *et al.*

(1960), citados por Blas (1975), las cuales están asociadas al cultivar, estado de madurez, labores culturales y condiciones climatológicas, entre otras.

Resultados de las características fisicoquímicas en almacenamiento del tomate cultivar ‘nabateo’, postratamiento hidrotérmico

En la Tabla 2 se muestran los resultados promedios de pérdidas de peso (%), color (a*/b*), textura (g_f), pH y sólidos solubles (°Brix) del tomate postratamiento

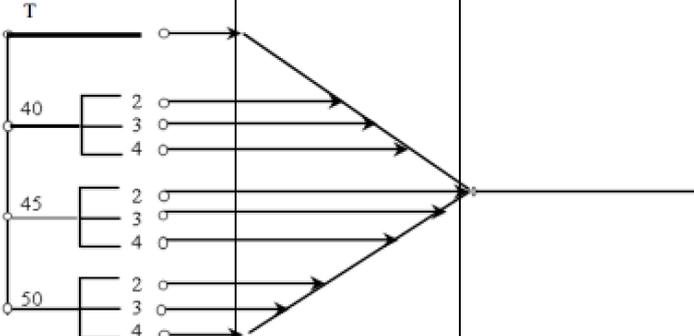
OPERACIONES UNITARIAS VARIABLES Y CONTROLES	MATERIA PRIMA: RECOLECCIÓN, RECEPCIÓN, SELECCIÓN, CLASIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN, LAVADO- DESINFECTADO	TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO CON AGUA CALIENTE	ALMACENAMIENTO REFRIGERADO	CARACTERIZACIÓN
TOMATE (PINTÓN DE 10-30 % DE COLORACIÓN GRUPO 2-3)		Temp. (°C) Tiempo (min) 	8±0,5°C y 90 % H.R. 0,7,14,21,28 y 35 días	
	<ul style="list-style-type: none"> . Gravedad específica . Longitud y diámetro ecuatorial . Análisis proximal . Color . Textura . pH . Sólidos Solubles . Actividad de Poligalacturonasa (PG) 	<ul style="list-style-type: none"> . Temperatura . Tiempo 	Decisión: . Textura Otros controles . Pérdidas de peso (%) . Color . Sólidos solubles . pH . Actividad de PG	<ul style="list-style-type: none"> . Análisis proximal . Color . Textura . pH . Sólidos solubles . Licopeno . Vitamina C . Azúcares reductores . Azúcares totales . Actividad de PG . Apariencia General . Apreciación interna . Sabor

Figura 1. Esquema Experimental para determinar el efecto del tratamiento hidrotérmico en la conservación poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. ‘Nabateo’ en estado de madurez pintón, 10-30 % de coloración

Tabla 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del tomate cv. 'Nabateo' en el estado de madurez pintón 10-30 % de coloración grupo 2-3 al momento de la recolección

CARACTERÍSTICA	GRUPO	
	2 – 3	
	% b.h.*	% b.s.*
Humedad g/100g de muestra	93,30	---
Materia seca	6,70	---
Cenizas totales g/100g de muestra	0,58	8,65
Grasa cruda g/100g de muestra	0,05	0,75
Proteína cruda g/100g de muestra	0,94	14,02
Fibra cruda g/100g de muestra	0,93	13,88
Carbohidratos g/100g de muestra	5,13	76,57
Energía total kcal/100g de muestra		24,72
Color a*/b*		-0,31
Textura g _f		1.839,92
Sólidos solubles °Brix		4,80
pH		4,01
Gravedad específica		0,98
Longitud mm		56,79
Diámetro ecuatorial mm		53,57
Actividad de poligalacturonasa μmol/min x g de tejido fresco		0,156

*b.h. : base húmeda

b.s. : base seca

hidrotérmico almacenados a 8±0,5 °C y 90 % H.R.

La evaluación estadística reveló como mejores a cinco tratamientos que a continuación se muestran, los que fueron seleccionados y comparados en una segunda etapa, además del testigo, a fin de determinar al mejor.

Pérdida de peso

En la Figura 2 se presenta la variación de pérdida de peso del tomate de los cinco tratamientos seleccionados, almacenados a 8±0,5 °C y 90 % H.R. postratamiento hidrotérmico por 35 días. Como se aprecia, el comportamiento se caracterizó por un incremento de la pérdida de peso, a medida que transcurrió el almacenamiento, asociado al fenómeno de transpiración (Pantástico, 1984).

Se visualiza que los tratamientos T5 y T6 reportaron la menor pérdida de peso 6,29 % y 6,72 %, respectivamente, seguidos de los tratamientos T3=7,25 %, T4=7,19 % y T7=6,9 %.

La evaluación estadística no mostró diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. Al respecto Burton (1982), citado por Henríquez (2002), indica que la pérdida de peso permisible en tomates almacenados es de 7 %, cumpliendo con esta especificación el tratamiento T5 que alcanzó 35 días de almacenamiento. Posteriormente, los frutos perdieron su calidad comercial, con la consecuente pérdida de sus características sensoriales y nutricionales. Asimismo, se determinó que los tomates sometidos a tratamientos hidrotérmicos mostraron menores pérdidas de peso respecto al tratamiento testigo (8,03 %), resultados que probablemente se deban a una mayor permeabilidad del agua osmótica en los frutos no tratados (Znidarcic y Pozrl, 2006).

Color: Razón (a*/b*)

La Fig. 3 muestra el grado de maduración asociado con el incremento de la razón a*/b* para el Grupo 2-3 hasta alcanzar su madurez organoléptica. Se revela que los tratamientos T5 y T6 reportaron razones que van de -0,44 a 1,04 y -0,40 a 1,04, respectivamente; seguidos de los tratamientos T3= -0,41 a 1,06, T4= -0,39 a 1,06 y T7= -0,8 a 1,00; los resultados muestran que ninguno de los tratamientos alcanzó valores cercanos al testigo T10 (-0,38 a 1,07), evidenciando que el tratamiento hidrotérmico retarda la razón de color (Navarro, 2005 y Lurie, 1998). La razón a*/b* es un parámetro de la degradación de clorofila y síntesis de carotenoides especialmente del licopeno que otorga el color rojo característico al tomate (Vicente, 2004; Batu, 2003; Guadarrama, 2001). Llevada a cabo la evaluación estadística no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Textura

La Fig. 4 presenta la variación de textura con respecto al tiempo de almacenamiento del tomate para el Grupo 2-3. La mejor textura correspondió a los tratamientos T5= 1955,67 a 597,17 g_f y T6= 1959,67 a 566,50 g_f; seguido en el orden por T3=1977,17 a 489,00 g_f, T4=1978,83 a 562,83 g_f y T7=1820,17 a 550,50 g_f, que se tornaron menos firmes a medida que maduran, pudiendo sufrir mayor deterioro y por tanto menor vida útil.

Al respecto, Navarro (2005) encontró una textura de 525 g_f para el cultivar Raf recolectado en el estado pintón y almacenado a 8 °C por 21 días hasta alcanzar la madurez organoléptica relacionada con la vida útil de esta hortaliza, inferior a la obtenida en este estudio. Llevada a cabo la

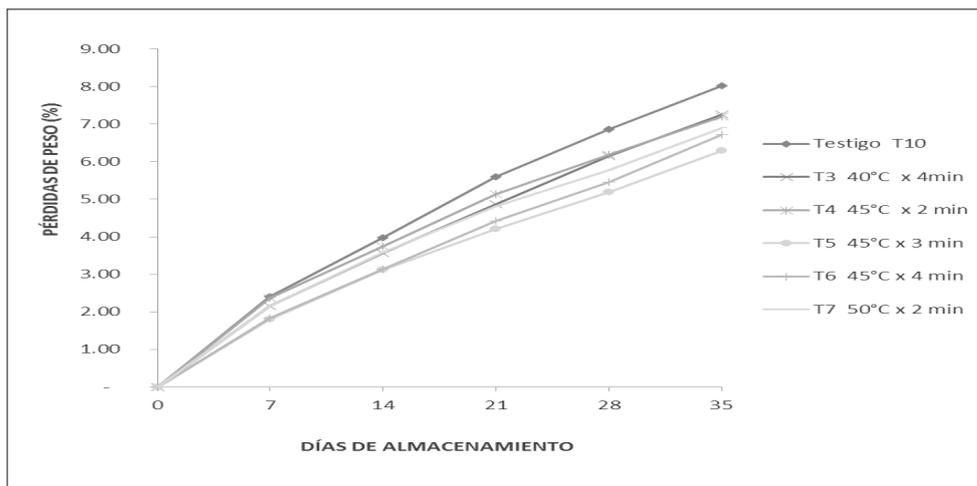


Figura 2. Variación de pérdida de peso (%) respecto al tiempo de almacenamiento del tomate cv. 'Nabateo' pintón 10-30 % de coloración

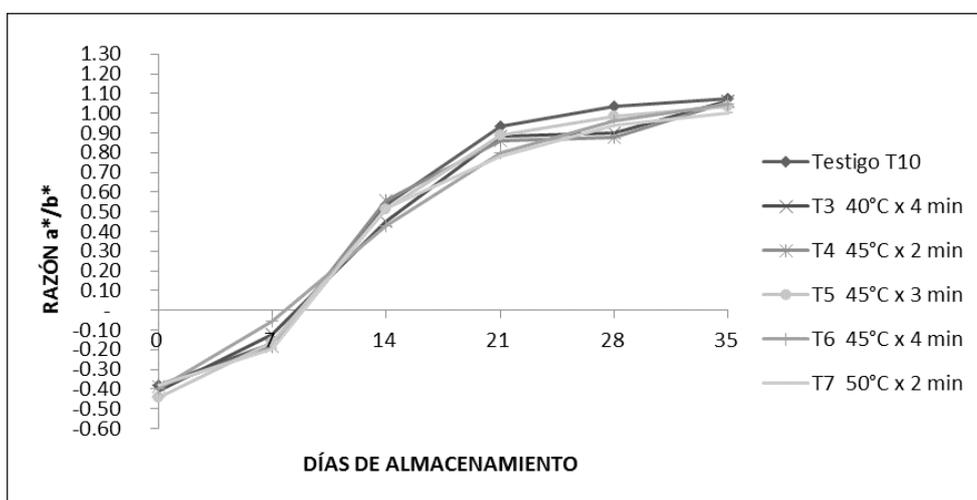


Figura 3. Variación del color (razón a*/b*) respecto al tiempo de almacenamiento del tomate cv. 'Nabateo' pintón 10-30 % de coloración

evaluación estadística se encontró diferencias significativas al 5 % en todos los tratamientos.

Similares resultados obtuvieron Martínez y Civello (2008); Aponte y Guadarrama (2003); Lurie (1998) y Gormley y Egan (1977), quienes indican que el ablandamiento tiene relación con cambios en la estructura y composición de las paredes celulares durante la maduración, por acción de las enzimas, especialmente de la poligalacturonasa. Por lo observado, se puede indicar que el tratamiento hidrotérmico bajo las condiciones realizadas, retarda la acción enzimática y prolonga la vida útil del tomate.

pH

La Fig. 5 muestra la evolución del pH de los mejores tratamientos en el Grupo 2-3, los valores al inicio y final del almacenaje fueron T3= 4,0 a 4,09, T4= 4,0 a 4,20, T5= 4,0 a 4,21, T6= 4,0 a 4,26 y T7= 4,00 a 4,22, respectivamente. Los reportes se encuentran dentro de los límites establecidos para el tomate. Como se aprecia, el comportamiento es heterogéneo y es posible se deba a las características intrínsecas del tomate relacionadas a

los factores culturales (Pantástico, 1984). La evaluación estadística encontró diferencias significativas al 5 % en todos los tratamientos.

En términos generales, el pH muestra una tendencia a aumentar con el tiempo de almacenaje en todos los tratamientos, característico en un vegetal climatérico; encontrándose dentro del rango de 3,9 a 4,6 (Yamaguchi *et al.*, 1960, citados por Blas, 1975); sin embargo, no es apropiado para comparar los estados de madurez y su influencia en el almacenaje.

Sólidos solubles

La Fig. 6 presenta la variación del contenido de sólidos solubles en las mejores muestras de tomate pintón 10-30 % de coloración con tratamiento hidrotérmico en almacenaje. Los valores al inicio y a los 35 días fueron T3= 4,40 a 5,50 °Brix, T4= 4,83 a 5,50 °Brix, T5= 4,73 a 5,50 °Brix, T6= 4,63 a 5,50 °Brix y T7= 4,60 a 5,50 °Brix, respectivamente; observando un mayor contenido de sólidos solubles en las muestras que, probablemente, se deba a la etapa de recolección (Guadarrama, 2001). La evaluación estadística

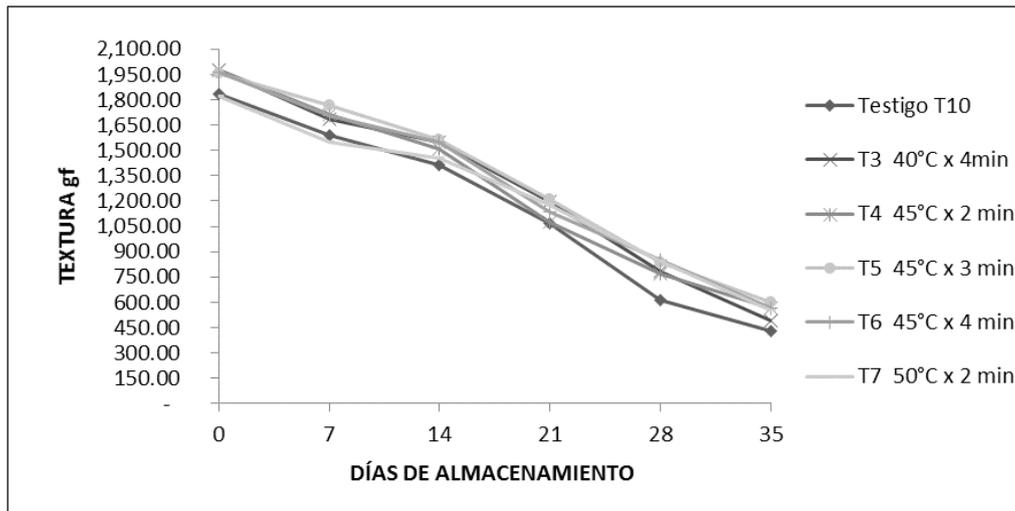


Figura 4. Variación de textura g_f respecto al tiempo de almacenamiento del tomate cv. 'Nabateo' pintón 10-30 % de coloración

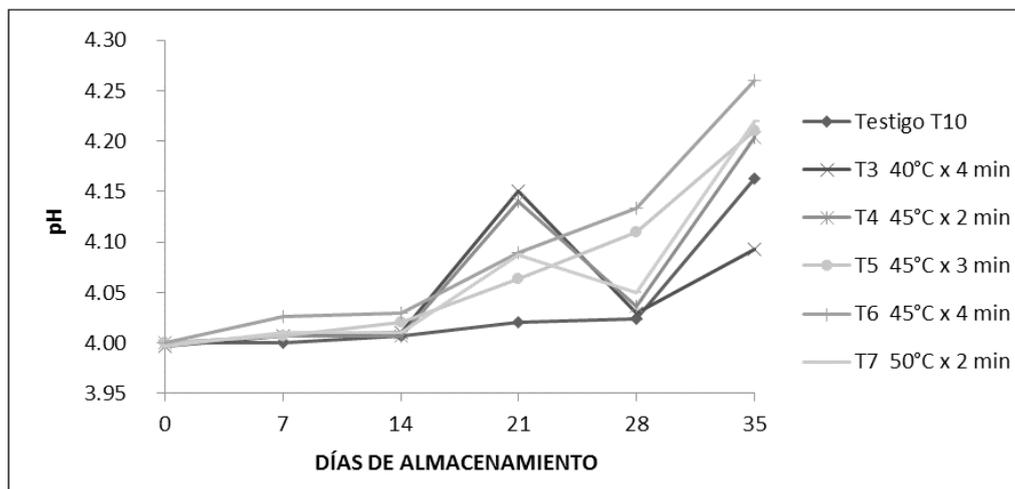


Figura 5. Variación del pH respecto al tiempo de almacenamiento del tomate cv. 'Nabateo' pintón de 10-30% de coloración

no encontró diferencias significativas en todos los tratamientos.

Al respecto, Zambrano *et al.* (1996) encontraron en los cultivares *Río Grande* 4,98 °Brix y *Walter* 4,493 °Brix y Nuez (1995) 4,5 °Brix. Los reportes en la investigación en referencia fueron superiores, y probablemente se deban al cultivar, labores culturales, temperatura de almacenamiento entre otros (Guadarrama, 2001). Cabe indicar que esta característica no fue influenciada por el tratamiento hidrotérmico y almacenaje en refrigeración.

Evaluación sensorial

En la Tabla 3 se presentan los resultados de la evaluación sensorial de los tomates almacenados postratamiento hidrotérmico de acuerdo con la textura alcanzada instrumentalmente, como sugieren Gormley y Egan (1977). Como se visualiza, el tratamiento T5 presentó las mejores características de apariencia general, apreciación interna y sabor. Investigadores como Muchuweti *et al.* (2005), Guadarrama (2001), Lurie (1998) y Pantástico (1984) manifiestan también que durante la maduración de las

frutas se experimentan cambios asociados al desarrollo del color, aroma, sabor y textura que los hace atractivos al consumidor.

Actividad enzimática de la poligalacturonasa (pg)

En la Fig. 7 se muestra el comportamiento de la actividad de poligalacturonasa, la evaluación estadística reveló diferencias significativas durante todo el período de almacenaje, destacando el tratamiento (45 °C por 3 min), con una menor actividad de la poligalacturonasa; resultados que coinciden con Vicente (2004) quien sostiene que los resultados obtenidos están asociados a una suspensión transiente en la síntesis de enzimas involucradas en la degradación de las paredes celulares y una vez que los tratamientos finalizan se recupera la síntesis de proteínas y los efectos de los tratamientos tienden a desaparecer.

El tratamiento hidrotérmico tuvo su efecto positivo en reducir la actividad de poligalacturonasa (PG), relacionada con mantener una buena textura, que es aceptable para el consumidor (Lurie y Klein, 1992 b).

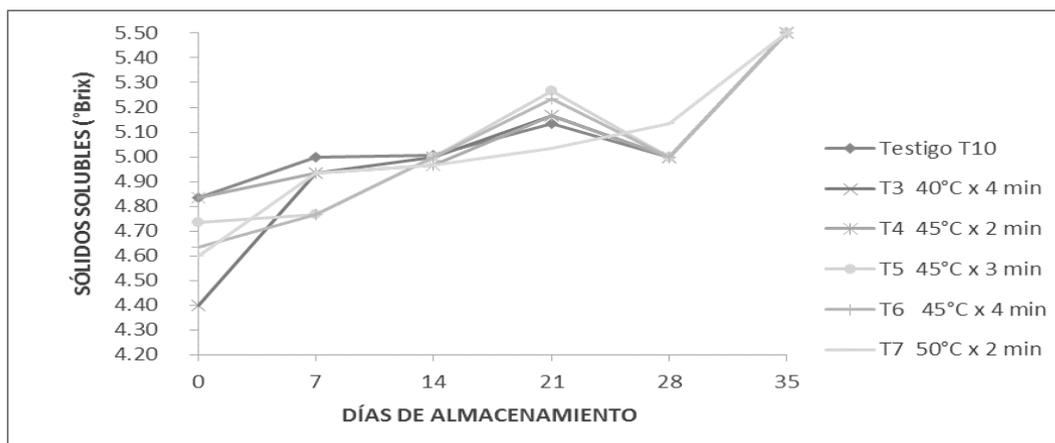


Figura 6. Variación de sólidos solubles (°Brix) respecto al tiempo de almacenamiento del tomate cv. 'Nabateo' pintón 10-30 % de coloración

Tabla 3. Resultados de la evaluación sensorial en los tratamientos destacados del grupo 2-3

Tratamientos	Apariencia General	Apreciación interna	Sabor
T5	4,0 ^a	3,91 ^a	4,00 ^a
T6	3,5 ^a	3,58 ^b	3,67 ^b

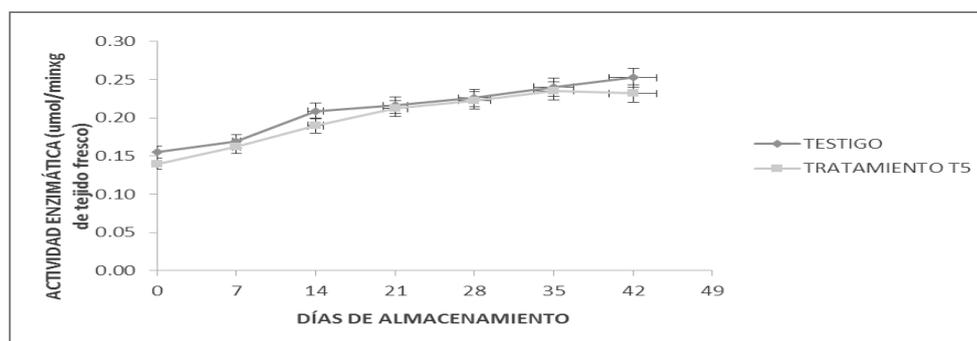


Figura 7. Variación de actividad de la poligalacturonasa respecto al tiempo de almacenamiento en tomates cv. 'Nabateo' pintón de 10-30 % de coloración

Caracterización del mejor tratamiento

En la Tabla 4 se reportan los resultados de los análisis fisicoquímicos del tomate pintón, 10-30 % de coloración, sometido a 45 °C por tres min de tratamiento hidrotérmico, a los 35 días de almacenaje a 8±0,5 °C y 90 % de H.R.

Los valores de proteína grasa, ceniza, fibra, sólidos solubles, pH, se incrementaron ligeramente, con relación al material vegetal inicial, relacionados al comportamiento climatérico del fruto (Pantástico, 1984). La humedad (92,98 % b.h.) se mantuvo en el rango de 80-95 % recomendado por Wills, *et al.* (1999) como característica ideal de hortalizas frescas. La textura reveló una reducción de 1955,67 a 597,17 g_p, asociado con el incremento de la actividad enzimática (0,14 a 0,236 µmol/min x g.de tejido fresco).

Al respecto, Muchuweti *et al.* (2004) refieren que progresivamente la actividad de la poligalacturonasa conduce a una apariencia suave y pulposa de las frutas maduras, cuando estas avanzan desde el estado verde

maduro. Asimismo, Gormley y Egan (1977) reportaron que para la venta al por menor es necesaria una textura promedio mínima de 680 g_f sin aplicar el tratamiento hidrotérmico, mientras que para el consumo en el hogar 540 g_f para los cultivares de tomate Sonato, Grenadier, Adago, Extase y Exquise.

La razón de color a*/b* alcanzó valores de -0,44 a 1,04 al inicio y final del almacenamiento, que coinciden con Batu (2003), y característicos de tomates maduros.

El pH varió de 4 a 4,21; reportes que se encuentran dentro de lo establecido por Yamaguchi *et al.* (1960), citados por Blas (1975).

Se encontró 2,86 g/100g de azúcares reductores, 3,43 g/100 g de azúcares totales, 31,38 mg/kg de licopeno y 16,71 mg/100 g de vitamina C; próximos a los consignados por Zambrano *et al.* (1996), quienes a su vez sostienen que el estado de madurez al momento de la recolección incide en la composición química del tomate.

Tabla 4. Resultados del análisis fisicoquímico del mejor tratamiento de tomate

CARACTERÍSTICA	GRUPO	2 – 3
	% b.h.	% b.s.
Humedad g/100g de muestra	92,98	--
Materia seca	7,02	--
Cenizas totales g/100g de muestra	0,69	9,83
Grasa cruda g/100g de muestra	0,12	1,71
Proteína cruda g/100g de muestra	1,11	15,81
Fibra cruda g/100g de muestra	1,16	16,52
Carbohidratos g/100g de muestra	5,06	72,07
Azúcares reductores g/100g muestra	2,86	40,74
Azúcares totales g/100g muestra	3,43	48,86
Energía total kcal/100g de muestra		25,94
Color a*/b*		1,04
Textura g _f		597,17
Sólidos solubles °Brix		5,50
pH		4,21
Licopeno mg/kg muestra		31,38
Acido ascórbico mg/100g muestra		16,71
Actividad de poligalacturonasa $\mu\text{mol}/\text{min} \times \text{g}$ de tejido fresco		0,236

*b.h. : base húmeda; b.s. : base seca.

La actividad de la poligalacturonasa fue de 0,236 $\mu\text{mol}/\text{min} \times \text{g}$ de tejido fresco, superior al material vegetal inicial, indicativo de la maduración de los frutos por la acción enzimática (Muchuweti *et al.*, 2005 y Hobson, 1964).

4. Conclusiones

El mejor tratamiento hidrotérmico aplicado en tomate en estado de madurez pintón 10-30 % de coloración, fue a 45 °C x 3 min, bajo estas condiciones se puede almacenar por 35 días a 8±0,5 °C y 90 % de H.R.

El tratamiento hidrotérmico en tomate incidió positivamente en la textura (597,17 g_f) y reportó 0,236 $\mu\text{mol}/\text{min} \times \text{g}$ de tejido fresco como actividad enzimática de la poligalacturonasa, a los 35 días de almacenaje.

El mejor tratamiento reportó la siguiente evaluación fisicoquímica: color a*/b* 1,04; textura 597,17g_f; licopeno 31,38 mg/kg; vitamina C 16,71 mg/100g; actividad de poligalacturonasa 0,236 $\mu\text{mol}/\text{min} \times \text{g}$ de tejido fresco; pH 4,21; sólidos solubles 5,50 °Brix; energía total 25,94 kcal/100g; azúcares totales 3,43 g/100g de muestra, azúcares reductores 2,86 g/100g muestra y como análisis proximal en g/100g de muestra: carbohidratos 5,06, fibra 1,16, proteína 1,11, grasa 0,12, cenizas 0,69, materia seca 7,02 y humedad 92,98.

5. Literatura citada

Adasme, C.; Spiller, A. y Díaz, J. 2006. Determinación de preferencias del consumidor de la región metropolitana hacia la frutilla blanca (fragancia chilensis). Un análisis conjunto y una prueba sensorial. *Economía Agraria*. 10.
Al-Ani, M.; Opara, L.; Al-Bahri, D. y Al-Rahbi, N. 2007. Spectrophotometric quantification of ascorbic acid. *Journal of Food Agriculture*, Vol 5, 165-168.
Anzaldúa-Morales, A. 1994. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Zaragoza,

España: Editorial Acribia S.A.

Asociación de las comunidades analíticas [AOAC]. 1997. *Official Methods of Analysis. Agricultural Chemicals Contaminants; Drugs*. (15th ed.). Vol I y II.

Aponte, L. y Guadarrama, A. [2003]. Actividad de las enzimas pectinmetilesterasa, poligalacturonasa y celulasa durante la maduración de frutos de parchita maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 29: 145-160.

Artés, F. y Artés H., F. 2004. *Tratamiento posrecolección del tomate fresco. Tendencias e innovaciones*. España: Universidad Politécnica de Cartagena.

Batu, A. 2003. Determination of acceptable firmness and colour values of tomatoes.

Blas, D. 1975. Comparativo de cultivares de tomate para industria, en tres localidades de la costa central (Cañete, Chíncha, Huaura, 1974). (Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Bombelli, E. y Wright, E. 2006. Efecto del bicarbonato de potasio sobre la calidad del tomate y acción sobre Botrytis cinerea en poscosecha. *Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Cien. Inv. Agr.*, 33(3): 197-203.

Casas, A. 2007. *Prácticas de Fisiología y Manejo Postcosecha en la Facultad de Agronomía. Laboratorio de Horticultura*. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Collazos, C.; White, P.; White, H.; Viñas, E.; Alvistur, E.; Urquieta, R.; Vásquez, J.; Días, C.; Quiroz, A.; Roca, A.; Hegsted, M.; Bradfield, R.; Herrera, N.; Faching, A.; Robles, N.; Hernández, E. y Arias, M. 1996. *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*. Lima-Perú: Instituto Nacional de Salud-Centro Nacional de Alimentación y Nutrición.

- Gormley, R. y Egan, S. 1977.** Firmness and colour of the fruit of some tomato cultivars from various sources during storage. *J. Sci. Fd Agric*, 29, 534-538.
- Guadarrama, A. 2001.** *Fisiología poscosecha de frutos*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 133 pp.
- Henríquez, C.; González, R. y Krarup, C. 2005.** Tratamientos térmicos y progresión del daño por enfriamiento y de la pigmentación de tomates en postcosecha. *Cien. Inv. Agr.*, 32, 113-123. Departamento de Ciencias Vegetales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Henríquez, M. 2002.** *Daño por enfriamiento en postcosecha de tomate: Expresiones de síntomas, influencia de la radiación solar y de tratamientos térmicos*. (Tesis para optar el Grado de Magíster en Ciencias Agropecuarias Mención Cultivos). Santiago de Chile.
- Hobson, G. 1964.** *Polygalacturonase in abnormal Tomato fruit*. *Biochemical Society*. London- New York: Cambridge University Press.
- INDECOPI. 1999.** NTP-ISO 2859-I. *Planes de Muestreo simple para inspección normal*. Lima- Perú.
- ITINTEC. 1977.** Norma Técnica Peruana 011.115. *Almacenamiento para tomates*. Lima -Perú.
- Lurie, S. 1998.** Postharvest heat treatments. *Postharv. Biol. Technol.*, 14: 257-269.
- Lurie, S. y Klein, J. 1992.** Ripening characteristics of tomatoes stored at 12°C following a prestorage heat treatment. *Scientia Hort.*, 51: 55-64
- Márquez, C.; Otero, C. y Cortés, M. 2007.** Cambios fisiológicos, texturales, fisicoquímicos y microestructurales del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* S.) en poscosecha. *Revista de la Facultad de química farmacéutica*, pp. 9-16. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Martínez, A. y Civello, P. 2008.** Effect of heat treatments on gene expression and enzyme activities associated to cell wall degradation in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 49, 35-45.
- Miller, G. 1959.** Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, Vol. 31, N° 3, pp. 426-428.
- Ministerio de Agricultura. 2011)** *Producción Hortofrutícola 2010*. Oficina de estudios estadísticos. Lima – Perú: Ministerio de Agricultura.
- Montgomery, D. 2004.** *Diseño y Análisis de Experimentos*. Universidad Estatal de Arizona. Editorial Limusa Wiley.
- Muchwetí, M.; Moyo, E. y Muschipe, S. 2005.** Some Properties of the Polygalactunase from Four Zimbabwean Wild Fruits (*Uapaca kirkiana*, *Zizphus mauritiana*, *Tamarindus indica* and *Berchemia* Discolor Fruits). *Food Chem.* 2005, 90: 655-661.
- Navarro, J. 2005.** *Eficacia de los tratamientos térmicos postcosecha en tomate RAF: Influencia del estado de madurez del fruto*. (Titulación de Ingeniería Técnica Agrícola, Especialidad de Hortofruticultura y Jardinería). Universidad de Almería, Escuela Politécnica Superior. Almería, España.
- Nuez, F. (1995).** *El cultivo de tomate*. España: Editorial Mundi-Prensa.
- Ordóñez, A., Balanza, M., Martín, F. y Flores, C. (2009).** *Estabilidad del carotenoide licopeno en tomates en conserva*. 20(2): 31-37. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria. Argentina.
- Pantástico, B. 1984.** *Fisiología de la postcosección manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. México: Compañía Editorial Continental.
- Ranganna, S. 1979.** *Manual of analysis of fruit and vegetable products*. New Delhi.
- Salunkhe, D. y Kadam, S. 2004.** *Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Sotomayor, R. 2008.** *Métodos Estadísticos para la Investigación I*. Lima, Perú: Departamento de Estadística e Informática. Universidad Agraria La Molina.
- Vicente, A. 2004.** *Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre la calidad y fisiología postcosecha de frutillas (Fragaria ananassa Duch.)*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Química.
- Viguria, E. 2002.** Producción de pectinasas a partir de *Aspergillus foetidus* NRRL 341 por fermentación sólida utilizando residuos de naranja (*Citrus sinensis*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y limón (*Citrus aurantifolia*). (Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae en Tecnología de Alimentos). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Wills, R.; Lee, T.; McGlasson, W. y Hall, E. 1999.** *Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Zambrano, J.; Moyeja, J. y Pacheco, L. 1996.** Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. *Revista Agronomía Tropical*. Vol. 46(1), 61-72. Venezuela.
- Znidarcic, D. y Pozrl, T. 2006.** Comparative study of quality in tomato cv. "Malike" (*Lycopersicon esculentum* Mill) whilst stored at different temperatures. *Acta agriculture Slovenica*, 87 (2): 235-243.